



Mapeamento de alvos forenses com GPR 3D

Kamylla de Lima Alves (limaalves.k@gmail.com) – Graduada em Geofísica do IG/UnB)

Marcelo de Lawrence Bassay Blum (blum.mlb@dpf.gov.br) – Perito Criminal Federal INC/DPF)

Welitom Rodrigues Borges (welitom@unb.br) – Docente do IG/Unb)

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Resumo

The first Controlled Criminalistics Test Site (SITCRIM) of Brazil was created in 2012 by the National Institute of Forensic Science, from the Department of Federal Police (INC / DITEC / DPF). The SITCRIM, has an area of 625m², is located on the land of the Federal Police, Brasília-DF. In a small part of the site (2,5 m x 3,5 m), activities were developed with GPR (Ground Penetrating Radar), which were buried forensic targets such as weapons and ammunition.

Introdução

A geofísica forense é a ciência que usa as propriedades físicas para localizar e identificar registros relacionados a crimes. Atualmente, no Brasil, existem poucos profissionais qualificados para emitir laudos de perícia criminal o que torna restrito a laudos periciais de pouco acesso à comunidade científica.

Os métodos geofísicos forenses são extremamente importantes na localização de evidências de crimes. Conhecendo-se o local de crime e dispondo de equipamentos e softwares apropriados, é possível efetuar investigações geofísicas em áreas grandes com o objetivo de direcionar as escavações de busca em pontos anômalos, minimizando o tempo de busca. (PRINGLE *et al.*, 2008).

Com o objetivo de minimizar as ambiguidades de investigações geofísicas forenses e de possibilitar o treinamento contínuo de peritos brasileiros, o Instituto Nacional de Criminalística do Departamento de Polícia Federal (INC/DITEC/DPF), implantou em 2012, em terreno da Polícia Federal, Brasília-DF, o Sítio Controlado de Criminalística (SITCRIM, BLUM & RUSSO, 2012, **Figura 1**).

Na área do SITCRIM foram instalados diversos alvos forenses (armamentos, materiais similares a drogas e papéis moeda, simulação de túnel, tambores preenchidos com líquidos, ossadas de animais, e materiais análogos a artefatos arqueológicos) em profundidades inferiores a 2 metros.

Este trabalho consiste em utilizar o método do radar de penetração do solo (GPR) visando obter melhores imagens do subsolo que permitam construir um modelo padrão geofísico para alguns dos alvos forenses (espingarda, pistola e projéteis) instalados no SITCRIM.



Figura 1: Croqui com a localização do Siticrim, Brasília/DF(BLUM & RUSSO, 2012).

Metodologia

O *Ground Penetrating Radar* (GPR) é um método geofísico, não destrutivo, de alta resolução e frequências que variam de 10 MHz a 3,0 GHz, usado para localizar estruturas naturais ou antrópicas rasas. O método consiste na emissão de um pulso de alta frequência para gerar ondas eletromagnéticas que são radiadas para o interior da Terra por meios de uma antena transmissora. A propagação do sinal depende da frequência do sinal e das propriedades elétricas do meio, condutividade elétrica e permissividade dielétrica, que variam principalmente com o conteúdo de água no solo (PORSANI, 1999).

Dadas às condições ideais, os dados geofísicos podem determinar as características do alvo, por exemplo, a profundidade, a orientação, o tamanho, a distribuição e as condições do objeto.

É possível produzir imagens tridimensionais precisas do terreno, usando essa habilidade para testar hipóteses sobre a atividade humana (LAWRENCE, 2008).

A aquisição de dados de GPR foi realizada no início de abril de 2013, com o objetivo de localizar os alvos forenses: espingarda, revólver, projéteis e cartuchos enterrados a 0,30 m de profundidade (**Figura 2**).



Figura 2: Foto evidencia a instalação de alguns alvos forenses na área do Síticrim.

Na aquisição de dados foi utilizado o sistema GPR SIR 3000 da GSSI, acoplado a antena de 900MHz (**Figura 3**) numa área de 8,75m² (2,5m x 3,5m), com espaçamento entre os perfis de 0,05m. Os parâmetros de aquisição usados na configuração do equipamento foram: 1024 amostras por traço, intervalo de amostragem espacial de 0,01m, e janela temporal de 25ns.

Na área investigada, adquiriram-se 51 perfis paralelos de GPR, amostrando os alvos perpendicularmente ao eixo de maior comprimento. A amostragem espacial de 0,05m possibilitou a reconstrução de todo o campo de

propagação das ondas eletromagnéticas, o que permitiu uma melhor reconstrução tridimensional dos alvos.



Figura 3: Foto da aquisição de dados GPR na área do Síticrim.

Os dados foram processados no módulo 2D-data analysis do software Reflexw 7.0, e visualizados no módulo 3D-datainterpretation deste mesmo software. O principal objetivo do processamento foi realçar as anomalias relacionadas aos alvos forenses. Durante o processamento foi determinada a chegada da primeira onda no registro do pulso (ajuste do tempo zero), aplicação de ganhos lineares e exponenciais (*gain function*), aplicação de filtro 2D para a retirada de ruídos horizontais (*background removal*), e migração das difrações através da rotina *diffraction stack*.

A migração e a conversão da seção de tempo para profundidade foi realizada com a velocidade de propagação da onda eletromagnética obtida (0,07m/ns) através da identificação do tempo de ocorrência e profundidade dos refletores relacionados aos alvos forenses.

Resultados

Para desenvolver um diagnóstico sobre os dados de GPR optou-se por analisar os mesmos através dos volumes 3D não migrados, migrados em 2D e migrados em 3D.

Os resultados indicam que apenas as anomalias referentes aos alvos metálicos e de maior volume são perceptíveis nos volumes de GPR 3D (**Figura 4**). Os dados não migrados (**Figura 4a**) mostram uma maior dispersão das anomalias relacionadas aos alvos forenses, o que era esperado em função da dispersão do sinal eletromagnético nas bordas dos objetos (difrações). Os dados migrados em 2D (**Figura 4b**) mostram um bom delineamento dos alvos, todavia o nível de ruído nas proximidades dos mesmos, atrapalha sua correta interpretação. Os resultados obtidos com a migração em 3D (**Figura 4c**) evidenciam com melhor precisão os alvos, bem como elimina a maior parte dos ruídos aleatórios.

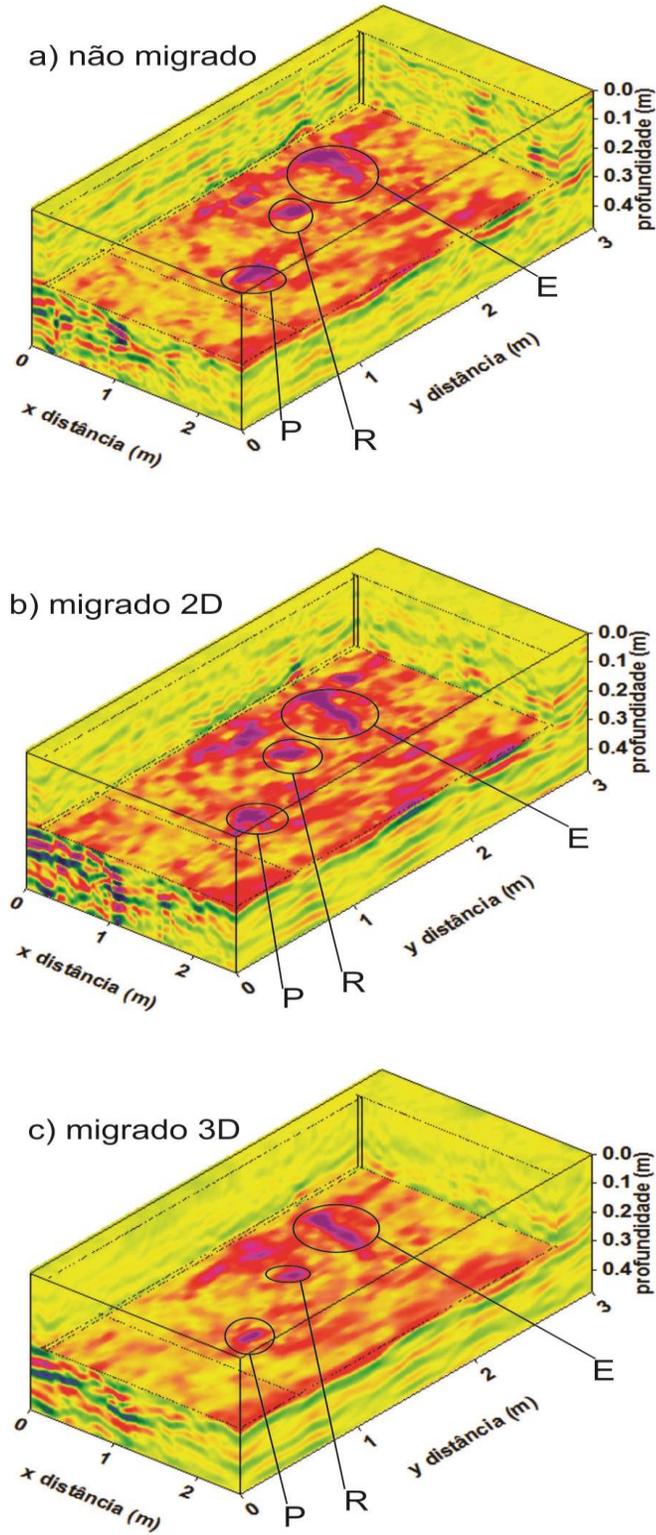


Figura 4: Blocos de dados de GPR 3D evidenciando as anomalias relacionadas à espingarda (E), ao revólver (R) e aos projéteis (P). (a) Dado não migrado. (b) Dado migrado em 2D. (c) Dado migrado em 3D.

A **Figura 5** apresenta cortes nos blocos 3D em envelope do traço, evidenciando o melhor imageamento dos alvos após a migração em 3D.

Conclusões

Os resultados confirmam a eficiência do método GPR na detecção de objetos metálicos forenses. Todavia os alvos de chumbo (projéteis) de pequena dimensão e os cartuchos plásticos de espingarda não mostram contraste elétrico suficiente para produzir reflexão no sinal do GPR.

Os resultados mostram que a melhor rotina de processamento aplicada à dados de GPR deve conter a migração em 3D. Todavia para isto, os dados não podem ter erro de amostragem espacial.

Agradecimentos

Ao Departamento de Polícia Federal do Instituto Nacional de Criminalística por autorizar o desenvolvimento da pesquisa na área do SITICRIM.

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) pela disponibilização dos equipamentos.

Referências

BLUM, M.L.B. & RUSSO, D. 2012. SITCRIM - Brazilian Test Site for Forensic Geophysical Research. In: European Academy of Forensic Science Conference, The Hague: EAFS 2012. Poster.

LAWRENCE B. CONYERS, 2008, Colorado Ground Penetrating Radar Processing and Interpretation Techniques for Archaeology, Department of Anthropology, University of Denver.

BORGES, WR; 2007. São Paulo Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no Planejamento Urbano e Meio Ambiente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas; IAG/USP,

HUNTER, J.; COX, M.; 2005 -. New York - Forensic Archeology: Advances in theory and practice. 3, Forensic Geophysics Survey, 63-89.

PORSANI JL.. , 1999 - São Paulo Ground Penetrating Radar (GPR): Proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado - SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.

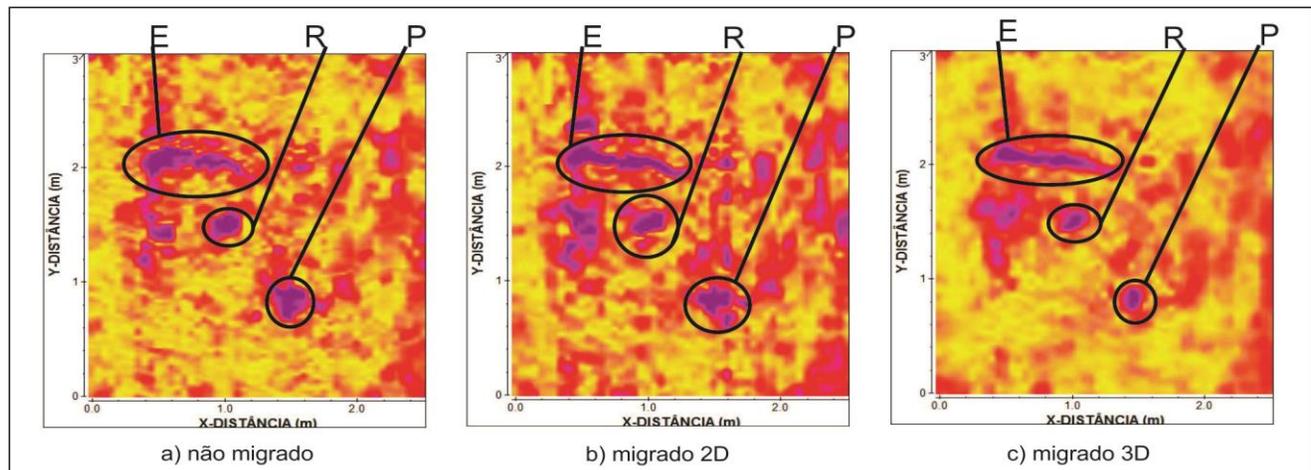


Figura 5: Cortes na profundidade de 0,30 m com os alvos forenses identificados. (a) não migrados, (b) migrados em 2D, (c) migrados em 3D.